

УДК 622.691.4.004

А.Ф.РЕДЬКО, д-р техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

И.И.КАПЦОВ

УкрНИИгаз, г.Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЗОПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕН ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МОДЕЛИРУЮЩЕМ СТЕНДЕ

Рассматривается возможность применения пен поверхностно-активных веществ для очистки газопроводов при различной степени их загрязненности.

В последние годы широкое применение нашли поверхностно-активные вещества (ПАВ) в различных отраслях народного хозяйства. Большой опыт их применения имеется при бурении скважин, где ПАВ используют в качестве промывочной жидкости для удаления продуктов бурения [1]. Кроме того, ПАВ за счет снижения коэффициента трения долота в рабочей зоне способствует повышению скорости бурения. Успешно применяются ПАВ при разработке газонефтяных месторождений для вскрытия пластов и освоения скважин в условиях пониженных пластовых давлений, что позволяет сократить сроки их освоения в 4-5 раз. Освоено применение низкократных пен для удаления жидкости из забоя и ствола скважин, а также песчаных пробок и твердых частиц (диаметром до 50 мм) [2]. Некоторые композиции ПАВ снижают процесс коррозии, выполняя роль ингибиторов коррозии. ПАВ применяют в целях предотвращения заводнения подземных газовых хранилищ в малопроницаемых пластах, где пена наиболее эффективно проявляет реологические свойства упругой вязкой среды [3].

Возможность использования ПАВ для очистки газопроводов изучена мало. Поэтому для проведения исследований о возможности применения пен поверхностно-активных веществ при очистке промышленных газопроводов был создан моделирующий стенд (рис.1). Моделирующий стенд включал следующие основные элементы: стеклянный трубопровод 1 диаметром 0,075 и длиной 24 м, нагнетатель воздуха с электроприводом 2, вспомогательный компрессор 3, два ротаметра для замера расхода газа и жидкости 4, 5, емкость с уровнемером для раствора ПАВ 6, пеногенератор 7, датчик 8 и вторичный прибор замера кратности пены 9, узел замера температуры пены 10, замерная емкость для ввода в трубопровод загрязнений 11, счетчик расхода газа по трубопроводу 12, узел для гашения пены 13, замерная емкость для сброса

продуктов очистки и разложившейся пены 14, манометр для замера давления в контрольных точках стенда.

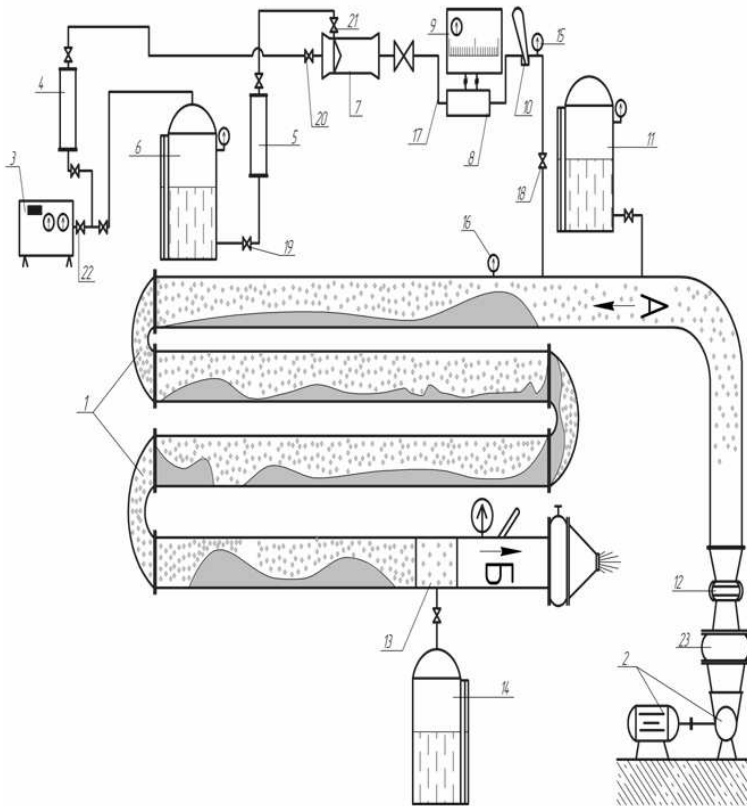


Рис.1 – Принципиальная схема моделирующего экспериментального стенда очистки промышленных газопроводов с помощью ПАВ

На моделирующем стенде исследовали задачи:

- отработка режимов пеногенерации на пеногенераторе;
- определение эффективности процесса очистки при парциальной и непрерывной подаче пены в очищаемый участок;
- отработка способов разрушения и гашения пен;
- определение устойчивости пены с применением стабилизаторов, влияния температуры на физико-механические свойства пены и процесса очистки.

В качестве рабочего агента использовали воздух, нагнетаемый в стеклянный трубопровод 1 нагнетателя 2. Установленный за нагнетателем регулирующий кран 23 позволял осуществлять регулирование расходом и скоростью газа в газопроводе в широком диапазоне. Расход газа замеряли счетчиком 12. Стеклянный трубопровод 1 состоял из четырех секций, соединенных тремя стеклянными поворотными элементами. Для приготовления и ввода загрязнений в начальном его участке устанавливали мерную емкость 11. В конце газопровода располагали узел для гашения пены и отделения загрязнений от газовой фазы 13. Параллельно с основным газопроводом размещали технологическую линию приготовления пены, включающую вспомогательный компрессор 3, емкость с пенообразователем 6, два ротаметра для замера подаваемого на пеногенератор газа 4 и раствора ПАВ 5, пеногенератор 7, пенопровод 17. Вспомогательный компрессор применялся поршневого типа производительностью $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ с возможностью создавать давление до 0,5 МПа. Контроль давления осуществлялся манометрами с классом точности 0,55 в нагнетательной линии на выход из компрессора, в емкости с растворами ПАВ и в пенопроводе на входе в очищаемый трубопровод. Процесс приготовления пены проводили по следующей схеме. В компрессоре 3 сжимался газ и подавался по соединительному трубопроводу на ротаметр 4, где замерялся его расход. К соединительному трубопроводу подключалась емкость 6 с раствором ПАВ для создания в ней давления. После ротаметра 4 газ поступал на пеногенератор 7, одновременно на форсунку пеногенератора из емкости 6 поступал раствор ПАВ. Расход раствора ПАВ предварительно контролировали индивидуальным ротаметром 5. Образовавшаяся на пеногенераторе пена поступала по пенопроводу 17 в очищаемый участок стеклянного газопровода 1. На пенопроводе посредством датчика 8 и вторичного прибора 9 определяли кратность пены, а манометром 15 и термометром 10 замеряли давление и температуру. Регулирование подачи раствора ПАВ выполняли вентилем 19 на выходе из емкости и вентилем 20 непосредственно на входе в пеногенератор 7. Регулирование подачи газа осуществляли вентилем 22 на выходе из компрессора 3 и вентилем 21 на входе в пеногенератор 7. Вариацией расхода воздуха и раствора ПАВ отработывали характеристику режима работы пеногенератора (рис.2). Структуру и кратность пены при этом определяли с помощью прибора 9 и визуально. Принцип работы прибора 9 по определению кратности пены заключался в определении сопротивления пены различной кратности между двумя контактами. Прибор предварительно градуировали в широком диапазоне кратности пены (50-500), при этом кратность определяли методом взвешивания

$$K = \frac{V_1}{V_2}, \quad (1)$$

где V_1 – объем пены; V_2 – объем ПАВ.

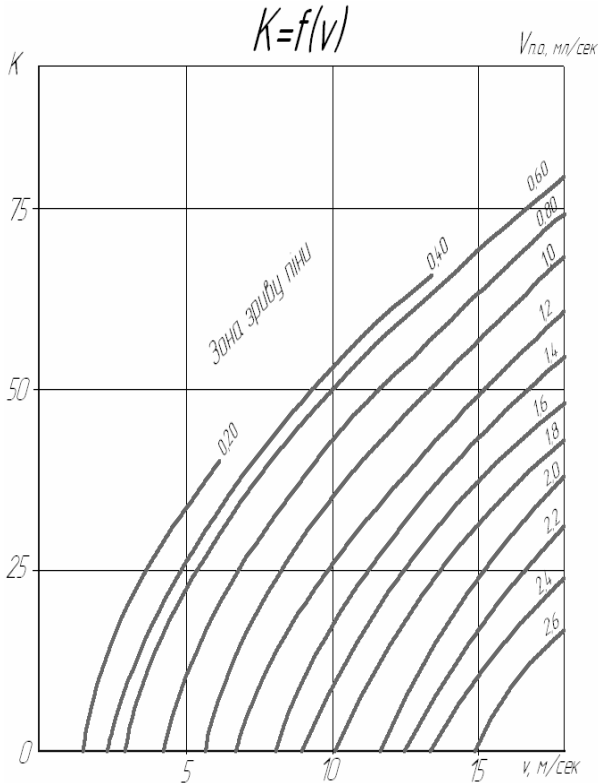


Рис.2 – Зависимость величины кратности пены в пеногенераторе от скорости газа при разных расходах пенообразователя

Подачу пены из пенопровода в газопровод регулировали вентилем 18.

Стендовый пеногенератор включал: корпус, форсунку для подачи раствора ПАВ, сетку с размером ячейки 0,4-0,9 мм с общим количеством ячеек в 1 см – 400 шт. Размер ячеек и их количество определенным образом влияли на кратность создаваемой пены. С уменьшением размеров ячейки кратность пены увеличивалась.

На последней секции трубопровода 1 устанавливали узел для гашения пены 13, на котором изучали возможность разрушения пены и

отделения загрязнений от газовой фазы. Разрушение пены исследовали посредством фильтроэлементов и химическим способом. В качестве фильтроэлементов применяли центробежные патрубki, фторопластовые элементы, дроссели. При химическом способе гашения пены в пенный поток впрыскивали бутиловый спирт, изопропиловый спирт.

В зависимости от характера поставленной задачи выполняли соответствующую подготовку и исследование на данном стенде.

На технологической линии приготовления пен исследовали растворы ПАВ типа ОП-7, ОП-10, превоцелл, алкилсульфат, СЭО с целью определения их кратности, устойчивости и оптимальной концентрации. Устойчивость пен исследовали с учетом добавок стабилизатора, которым являлись высшие жирные спирты (ВЖС). Концентрацию в одном растворе пенообразователей и стабилизатора исследовали в пределах 0,5-2%. Кратность пены для процесса очистки создавали на пеногенераторе от 50 до 500. Образовавшаяся пена запускалась в очищаемый газопровод в зависимости от режима очистки парциально или сплошной массой.

При парциальной подаче пены процесс очистки проводили в следующей последовательности. Стекланный газопровод 1 заполняли загрязнениями, после чего включали нагнетатель 2, подающий газ в газопровод. Создавали такой режим работы газопровода, когда загрязнения не выносились потоком газа из внутренней полости. Закрывали на входе в газопровод кран 23 и одновременно подавали порцию пены из пенопровода 17 через вентиль 13, заполняющую частично очищаемый участок. После частичного заполнения кран 23 на газопроводе открывали и газ, транспортируя пенный поршень, с определенной скоростью выносил загрязнения из зоны скопления в сборную емкость 14. Исследования проводили при различной степени заполнения пеной очищаемого газопровода и в широком диапазоне скоростей движения газа 0,5-15 м/с при цикличном его повторении [2].

При сплошной подаче пены процесс очистки осуществляли и исследовали на стенде по такой схеме. Стекланный газопровод заполняли загрязнениями по всей длине, включали технологическую линию приготовления пены, которую подавали сплошным потоком в очищаемый газопровод. Нагнетатель газа при этом в процессе очистки был отключен и основной поток газа по газопроводу не подавался.

Регулирование скоростью движения пены проводили степенью открытия вентиля 18. Пенной заполняли весь очищаемый участок с последующим непрерывным и многократным ее пропуском.

Основными загрязнениями на стенде использовали в чистом виде конденсат, вода, масло МС-20, механические примеси и их смеси, а

также натуральные загрязнения, отобранные из внутренней полости эксплуатируемых газопроводов. Смеси приготавливали из компонентов, входящих в натуральные загрязнения в дифференцированном соотношении их состава: вода-конденсат (50%+50%), вода-конденсат-масло МС-20 (33,3%+33,3%+33,3%), вода-конденсат-масло МС-20-механические примеси (25%+25%+25%+25%). Загрязнения заполняли геометрический объем газопровода с различной степенью заполнения, характеризующейся объемной концентрацией загрязнений. Исследования на стенде проводили на загрязнениях, объемная концентрация которых изменялась в пределах 10-55%. Загрязнения вводили и распределяли по длине газопровода равномерно, а затем локально, создавая пробки, скопления из песка, продуктов коррозии, соли, конденсата, воды.

На стенде проводили испытания по влиянию температуры газа на процесс образования пены и кратность. Кроме того, выполняли опыты по определению упругости пены в зависимости от кратности пены и температуры ее образования. С этой целью газ, подаваемый на пеногенератор, охлаждали в пределах +30°C...–20°C, а образовавшуюся после пеногенератора пену отбирали в калиброванный стеклянный сосуд с подвижным поршнем. После заполнения сосуда пеной сверху в сосуд вводили поршень, масса которого могла изменяться. По величине усадки пены под действием массы поршня определяли ее упругость. С уменьшением температуры пены упругость ее повышалась. В процессе очистки упругая пена повышала эффективность очистки за счет эффекта поршневания.

Эффективная очистка газопровода возможна при:

- правильном сочетании скорости подачи газа и скорости подачи пенообразователя для получения пены высокой кратности;
- точном определении состава загрязнений в газопроводе и, как следствие, определение скорости движения пены по газопроводу.

Исследования разрушения пены на стенде позволяют сделать вывод о возможности использования имеющегося производственного оборудования для этих целей.

Выполненные стендовые исследования свидетельствуют о возможности применения пен ПАВ для очистки газопроводов.

1. Стасаев А.С., Игнатов Ю.К. Удаление жидкости из газовых и газоконденсатных скважин при помощи ПАВ // Газовая промышленность. – 1995. – №4. – С.15-17.

2. Амиан А.В. Экспериментальные исследования по освоению скважин пенами // Нефтяное дело. – 1994. – №8. – С.12-14.

3. Первушин Ю.В. О взаимоотношении параметров пены от кратности при пеногенерации на сетках // Журнал прикладной химии. – 1996. – №11. – С.28-31.

Получено 30.10.2007